



JORNADA DE SEGURIDAD DE PRESAS DE ESTÉRILES MINEROS

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE ESTÉRILES DEL PROYECTO RIO TINTO



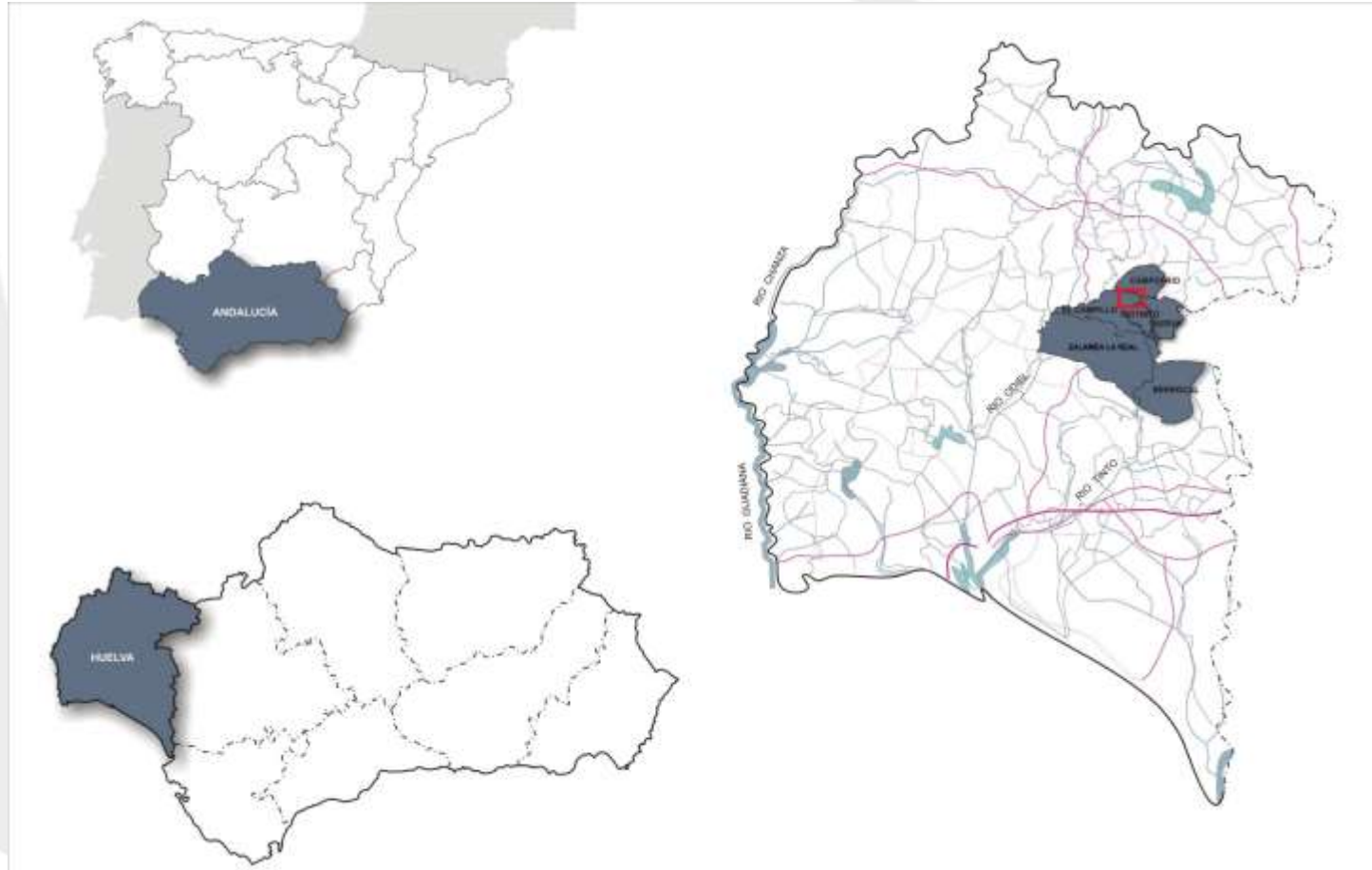
Juan José Carrasco Gómez

DEPÓSITO DE ESTÉRILES “COBRE”

1. ANTECEDENTES
2. CONSTRUCCIÓN
3. OPERACIÓN



SITUACIÓN

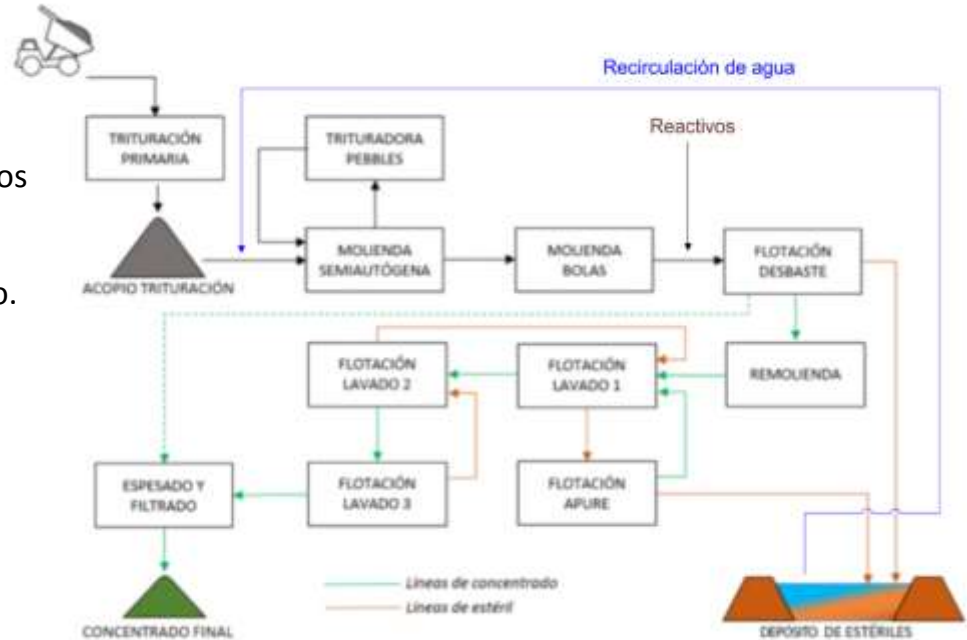


EMPLAZAMIENTO E INSTALACIONES



ESTERIL DE PLANTA. CARACTERÍSTICAS

- Producido en el proceso de planta (35 % sólido/65 % agua) es depositado en la presa.
- Se transporta mediante tubería a punto de deposición.
- Estructura actual de almacenamiento compuesta por dos secciones: Cobre, Aguzadera.
- Superficie de ocupación: 382 hectáreas.
- Proceso continuo de recirculación de agua. Vertido cero.
- La instalación consta de un Plan de Emergencia Interior operativo.
- Control y monitoreo permanente.



JORNADA DE SEGURIDAD DE PRESAS DE ESTÉRILES MINEROS

PRESAS DE ESTÉRILES DEL PROYECTO RIO TINTO. ANTECEDENTES

Año	Proyecto	Observaciones	Capacidad/cota
1970	"Proyecto de Presas del Rejoncillo. Presa de Cobre y Presa de Gossan". Eptisa	Dique de materiales sueltos	
1979	"Proyecto Reformado Presa de Cobre". Eptisa	Recrecimiento de muro mediante arenas gruesas	V. total 70 hm ³ a cota 382 msnm
1987	"Proyecto de la Presa de la Aguzadera". Eptisa	Dique de materiales sueltos	
1995	"Proyecto Reformado de la Presa de Aguzadera". Eptisa	Recrecimiento de muro mediante arenas gruesas.	V. total 126 hm ³ a cota 375 msnm
2014	"Proyecto de Instalaciones de Estériles Mineros de Minas de Riotinto". Eptisa	Recrido de Cobre y Aguzadera (En Aguzadera recrido con material todo uno, arenas cicladas. En Cobre sólo estéril de alta densidad.	
2016	"Proyecto de Mejoras Operativas". Golder	Desecha el empleo de arenas por muros de escollera + instalación de P.E.A.D	
2019	"Actualización del Proyecto Minero. Depósito de estériles de Planta". Eptisa (unifica secciones de Cobre y Aguzadera)	Ampliación de dique mediante espaldón de escollera, material transición, filtros y lámina P.E.A.D	V. total 236 hm ³ a cota 417 msnm
2019	"Proyecto de las Instalaciones de Estériles Mineros de Minas de Riotinto. Sección Cobre hasta Cota 388". Eptisa	Ampliación de dique mediante espaldón de escollera, material transición, filtros y lámina P.E.A.D.	



CONSTRUCCIÓN

PLANTA GENERAL SECCIÓN COBRE 388



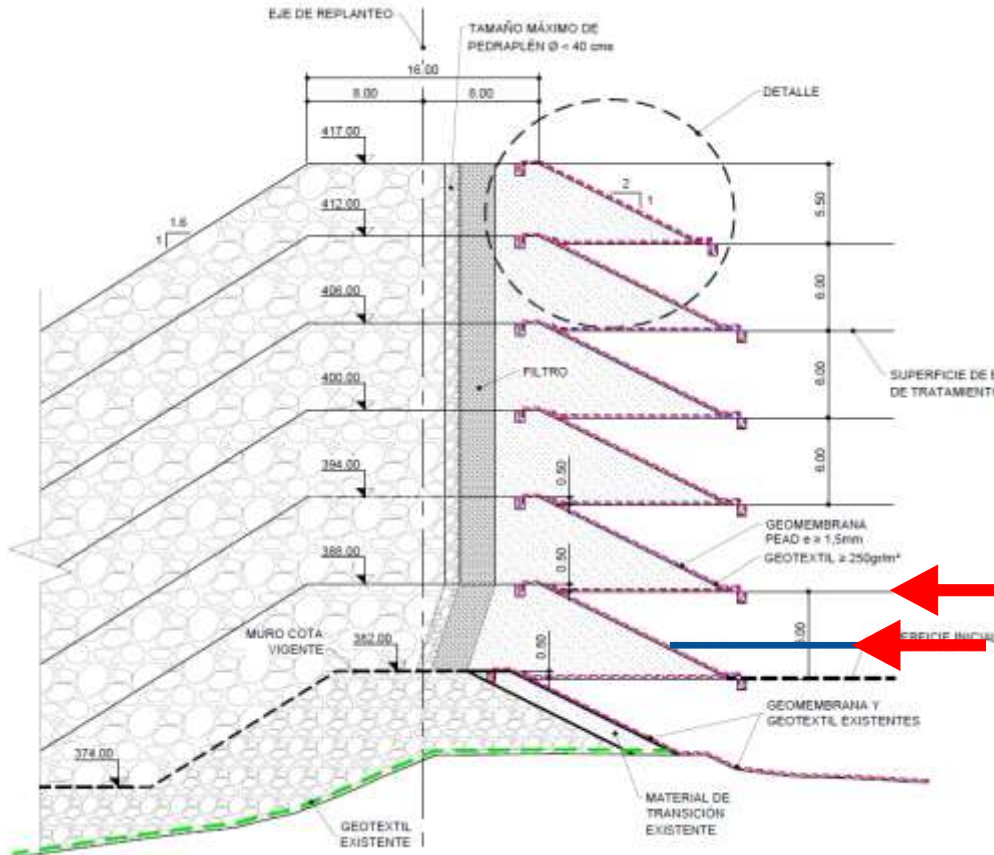
Indicador	Descripción
Cota coronación	388 m.s.n.m.
Capacidad vaso (máx.)	10 hm ³
Ancho en coronación	16 m.
Longitud de coronación	5.20 km.
Área	200 has.
Taludes	Aguas abajo 1.6H:1V // Aguas arriba 2H:1V
Mét. constructivo	Eje central + recrecimiento aguas abajo
Sistema de monitoreo	Piezómetros, inclinómetros, hitos.
Resguardos autorizados Considerando lluvia T 500 años	> 1.5 m. > 1.5 hm ³ Playas > 50 m.

PROCESO CONSTRUCTIVO.

- Actualmente muros Sección Cobre recrecidos hasta cota 388 msnm.
- En proceso llenado del vaso con estéril de planta.
- Construcción del recrecido está condicionada totalmente por las exigencias y ritmos de explotación de la misma.
- Empleo de estériles de mina para escolleras y filtros.
- Material de transición se consigue de préstamos de antiguas escombreras existentes.
- Necesidad de coordinación con operación de extracción minera.
- El apoyo sobre depósitos existentes supone mejoras del terreno (saneos /columnas de grava).
- Limitación de filtraciones a través de cuerpo dique: lámina de P.E – geotextil – material de transición - filtro.
- Vigilancia continua de auscultación y control de ejecución.
- Vigilancia continua del proceso de llenado con estéril de planta (sólidos 35 %).
- Gestión continua del balance de aguas de la presa.
- Operación continua recirculando el agua recogida de filtraciones producidas a través del lecho del vaso que no está impermeabilizado.

SECCIÓN TIPO GENERAL

PROGRAMACIÓN



AÑO	mt./año	mt. acum.	Fase: Cota dique/Volumen
2021	15	15	1: Cobre hasta 388/ 10 hm ³
2022	15	30	2: Aguzadera hasta 382
---	---	--	-
2032	11	176	8: Vaso único hasta 417

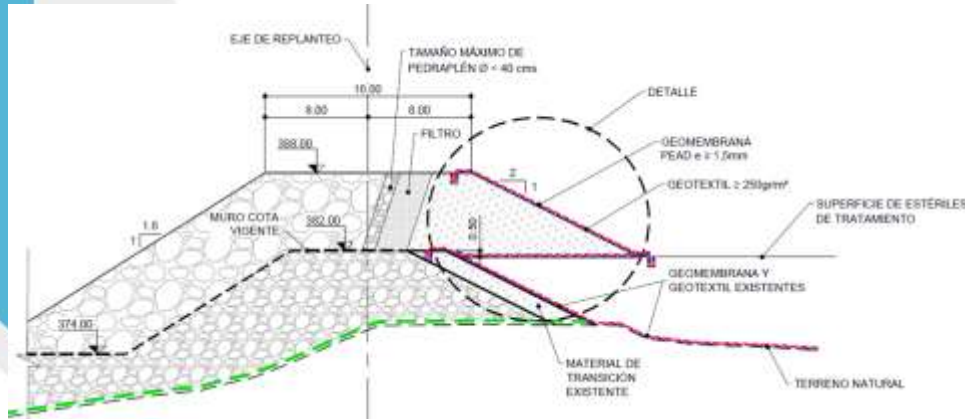
Cota (388) muro recalcado diciembre 2.020
Nivel estéril febrero 2.021

SECCIÓN TIPO DE PRESA. DETALLES

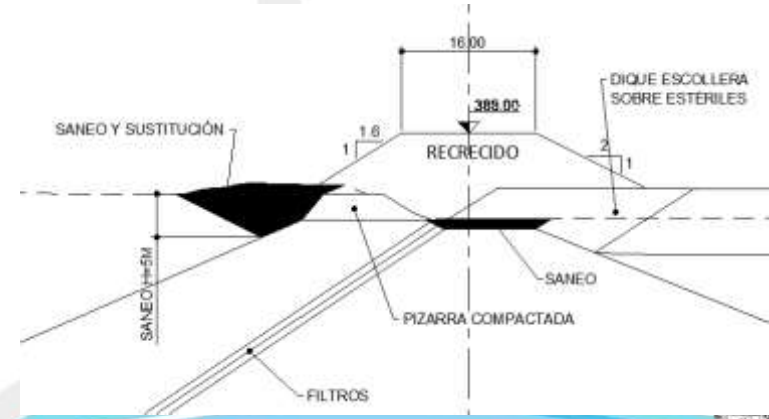


- Cota coronación 388 msnm
- Distancia playa > 50 m.
- Resguardo > 1,5 m. ó 1,5 hm³
- Pendiente lecho 0,85 %

CASO 1. APOYADO EN ESCOLLERA EXISTENTE



CASO 2. APOYADO EN LAMAS DE ESTERIL



FORMACIÓN DE DIQUE. CIMENTACIÓN

- Caso 1: Apoyo sobre base competente
- Caso 2: Mejora de terrenos
 - Vaciado y sustitución por material todo-uno de mina. Se ha llegado a profundidades de 15 m.
 - Refuerzo mediante columnas de grava. Profundidad de 20 m.

Mejora mediante saneo de terreno



Mejora mediante columnas de grava



ESPALDÓN DE ESCOLLERA

ESCOLLERA PARA MURO

Obtención: Mediante voladura en corta Minera (estéril de mina) . Controlando el porcentaje de S (control de leyes).

Labores previas: Humectación a pie de carga y posteriormente en la capa
Carga y transporte a presas d > 5 km.

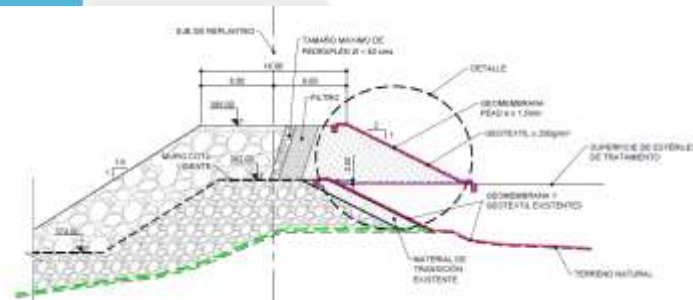


EJECUCIÓN

Replanteo

Extendido en tongadas espesor máx. < 1.20 m

Rasanteo, nivelado, riego y compactación



ESPALDÓN DE ESCOLLERA. CONTROL DE EJECUCIÓN



CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

ESCOLLERA	
Por cada 125 000 metros cubicos	TOTAL
Analisis granulometrico	1
Resistencia a compresion simple	1
Determinacion peso especifico	1
% perdidas bajo accion sulfatos	1
Determinacion perdida por inmersion en	1
Determinacion forma particulas	1
Por cada 200 000 metros cubicos	
Desgaste de los Angeles	1
Friabilidad NLT/351	1
Durabilidad SDT	1
Por cada 500 000 metros cubicos	
Contenido materia organica	1

CONTROL DE PROCESO

- Ensayos de compactación
- Comprobación de replanteo de forma continua
- Auditoría interna
- Informe O.C.A. periodicidad trimestral

CAPAS FILTRO



Ensayos capa filtro fino

- Granulometría
- Compactación. Proctor modificado
- Equivalente de arena

MATERIAL FILTRO GRUESO

Procedencia: Material estéril de mina (D.máx.< 400 mm.)

Obtención: (D80 de voladura por debajo de 400 mm.) Retirada por medios mecánicos de sobretamaños > 400 mm.

Control de calidad: Laboratorio externo.

Función: Retención de partículas y permitir drenaje.

Anchura: 1 m.

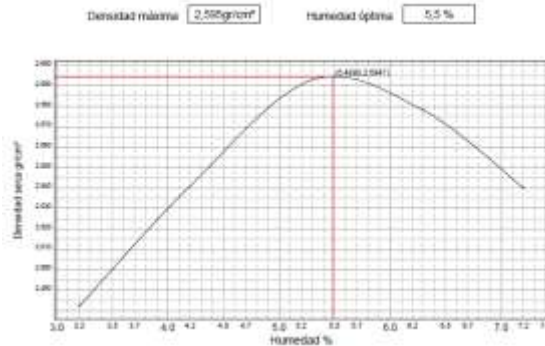
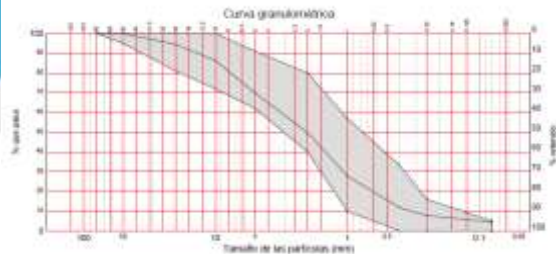
MATERIAL FILTRO FINO

Procedencia: Acopios existentes y aportación externa

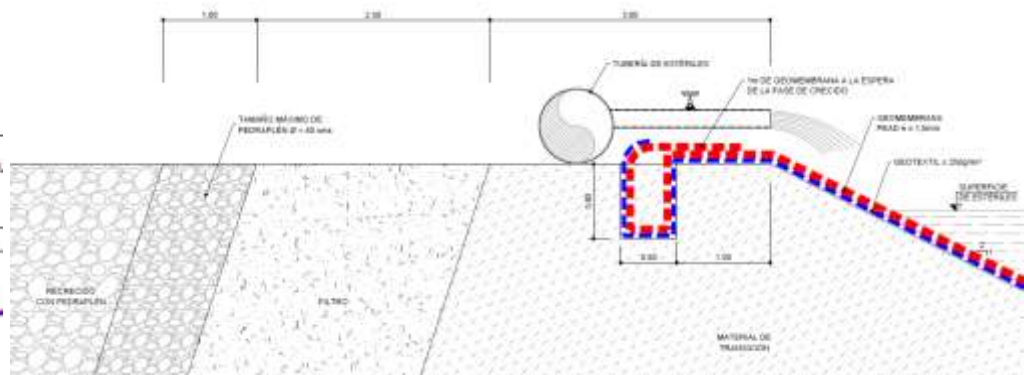
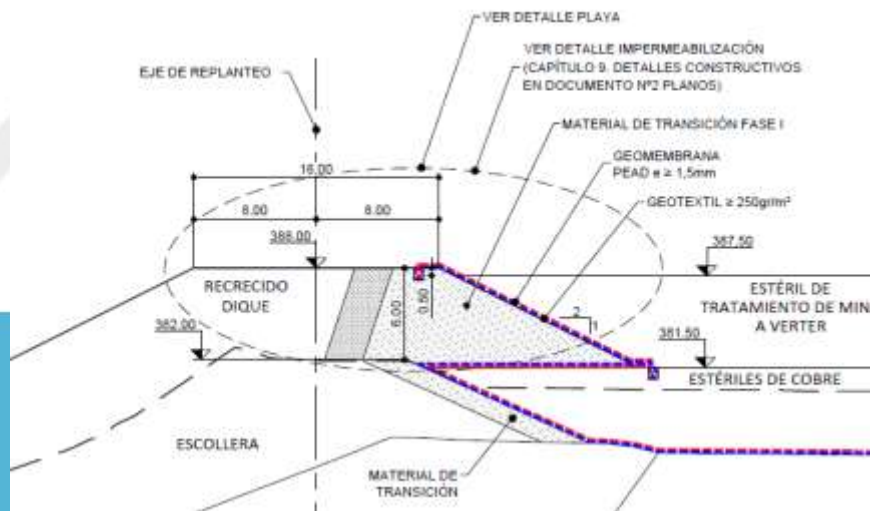
Obtención: Mediante cribado en planta móvil

Función: Retención partículas y permitir drenaje.

Anchura: 2.5 m.



TALUD INTERIOR. DETALLES



TALUD INTERIOR

MATERIAL DE TRANSICIÓN

Procedencia: Préstamo de escombrera de estériles existente.

Obtención: Selección de material mediante instalación de cribado móvil.

Función: Impermeabilización, evitar fuga de finos y servir de apoyo para lámina.

Control de calidad: Laboratorio externo (densidad, humedad, Proctor, granulometría y carga con placa).

IMPERMEABILIZACIÓN VASO

Material: Lámina P.E.A.D. de 1.5 mm. apoyada sobre geotextil.

Anclaje: Zanja en pie/coronación de talud.

Función: Impermeabilización.

Control de calidad:

Ensayos en soldadura; campana de vacío.



ACTIVIDADES FORMACIÓN DE MURO. RESUMEN

Extendido y compactado
estéril de mina



Ataluzado y selección de filtro grueso



Extendido y compactado material
de transición y capa filtro fino



Ataluzado material de
transición



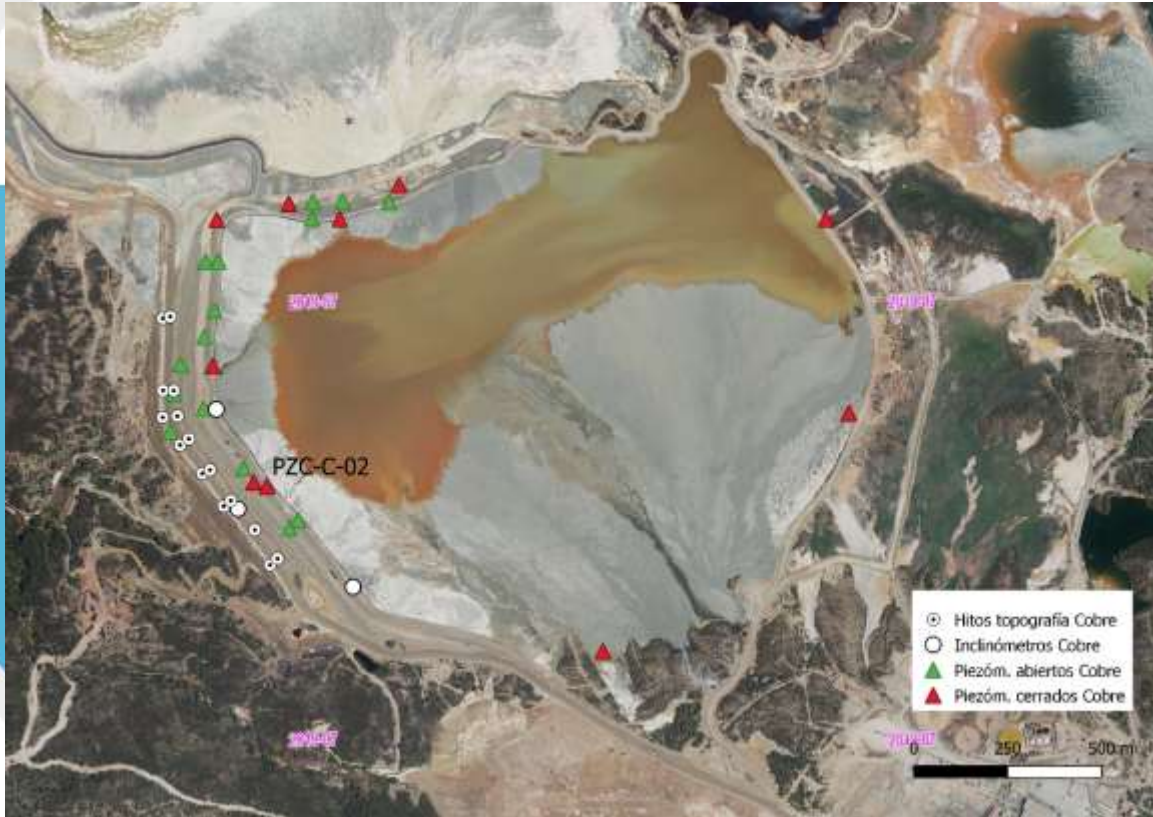
Control y calidad de obra



Impermeabilización



AUSCULTACIÓN. SECTOR COBRE



INSTALACIÓN EQUIPOS DE AUSCULTACIÓN

- Instalación de elementos nuevos o recremento de los existentes.
- Hitos topográficos de control en puntos críticos de los taludes de la explotación.
- Inclinómetros con el fin de detectar potenciales desplazamientos en el momento en que empiezan a producirse.
- Piezómetros abiertos y cerrados para medida de niveles y presiones intersticiales.

SEGURIDAD DE PRESAS. AUSCULTACIÓN

Elementos de auscultación instalados

Base de control topográfico



Perforación Inclínómetro.



Piezómetro abierto PZ-A



Piezómetro cerrado PZ-C



- **CONTROL DEL AGUA SOBRENADANTE. ESTACIÓN DE BOMBEO COBRE**

- Formación de balsa temporal de 3-4 m. de altura, volumen de 70.000 m³ situada en cola de presa.
- Dique construido con pedraplén-mat. transición-pedraplén y espaldón de escollera.
- Instalación de estación de bombeo formada por (2+1) bombas de 560 kW c/u, apoyada en plataforma flotante.
- Aliviadero hacia sección Gossan y Aguzadera.
- Permite la recirculación y reutilización de las aguas en proceso extractivo.
- Permite la gestión de niveles y mantenimiento de resguardos en presas.
- Control de nivel de agua permanente.



LLENADO PRESA DE ESTÉRILES



ESTERIL DE PLANTA



AGUA SOBRENADANTE

El material estéril procedente de planta tras su sedimentación y desecación alcanza valores de densidad medios de 2,7-2,8 t/m³, lo cual permite que se forme una estructura de almacenamiento con una alta compacidad y cohesión.

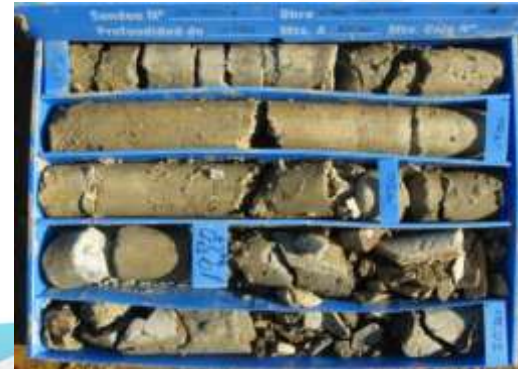
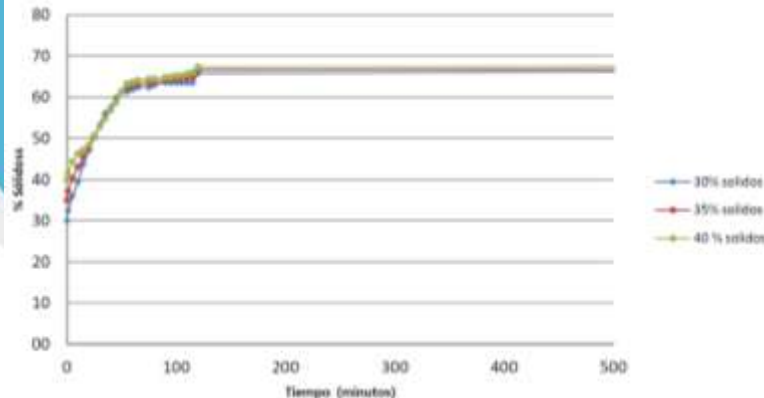
Características

Concepto	Ud.	Valor
Peso específico	g/mL	2,93
Sólidos	%	32,10
Densidad aparente	g/mL	1,27
Límite Plástico	%	16,72
Límite Líquido	%	18,58
Indice de Plasticidad	%	1,86

Granulometría

Malla	Tamaño (mm)	Pas. Acum. (%)
3	6,73	100
4	4,75	100
6	3,36	100
10	2	100
12	1,7	100
16	1,18	100
20	0,85	99,8
30	0,6	99,3
40	0,425	96,8
50	0,3	93,6
70	0,212	84,1
100	0,15	80,1
140	0,105	70,5
200	0,074	61,1
270	0,053	55,7
325	0,044	49,2
400	0,038	47,4

Curva Compactación de Pulpa



ESTÉRIL DE PLANTA. ESTRUCTURA DEPÓSITO



OPERACIÓN

OPERACIÓN

ORGANIZACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

Director Facultativo

Director de Obra

Jefe de Obra

**Técnico de
Seguridad**

**Asistencia
Técnica**

- CONTROL EXTERNO DE LA OPERACIÓN
- Ensayos en estéril depositado. Anual
- O.C.A. (Informe trimestral)
- EPTISA (Informe trimestral auscultación)
- Cumplimiento con lo establecido en el RD 975/2009

ORGANIZACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIAS

Director del Plan de Actuación ante Emergencias

Titular: -

Suplente en Planta: -

Suplente Exterior: -

Comité de Emergencias

Coordinador: -

Suplente: -

Medio Ambiente: -

Suplente: -

Mantenimiento:

Suplente: -

Comunicaciones: -

Suplente: -

Jefe de Intervención Exterior

Titular: -

Suplente: -

Jefe de Intervención Planta

Titular: -

Suplente: -

OPERACIÓN. GESTIÓN DE LAS AGUAS

ENTRADAS :

- Agua depositada con el estéril de planta (65 % del volumen).
- Agua de lluvia
- Bombeo drenajes de fondo
- Trasvases entre presas

SALIDAS :

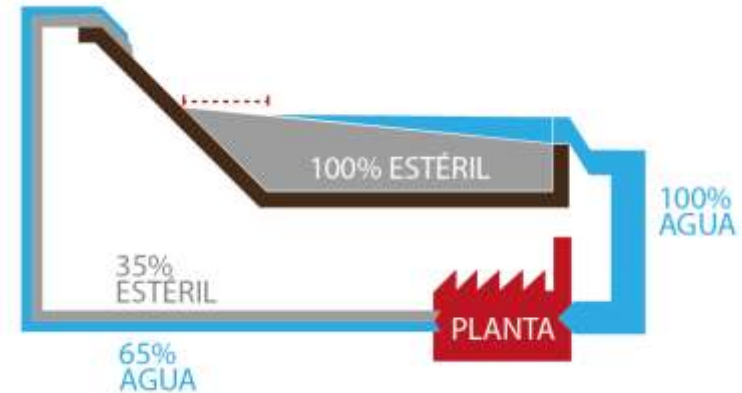
- Evaporación
- Agua ocluida en el estéril (32 %)
- Infiltración
- Recirculación a Planta de proceso
- Trasvase entre presas

Balance de aguas NEGATIVO.

Aportación de agua fresca del Sistema Odiel-Campofrío-Aguas Limpias.

CONDICIONANTES:

- Mantenimiento anchura playas > 50 m.
- Mantener volumen resguardo > 1.5 hm³
- Mantener altura resguardo > 1,5 m.



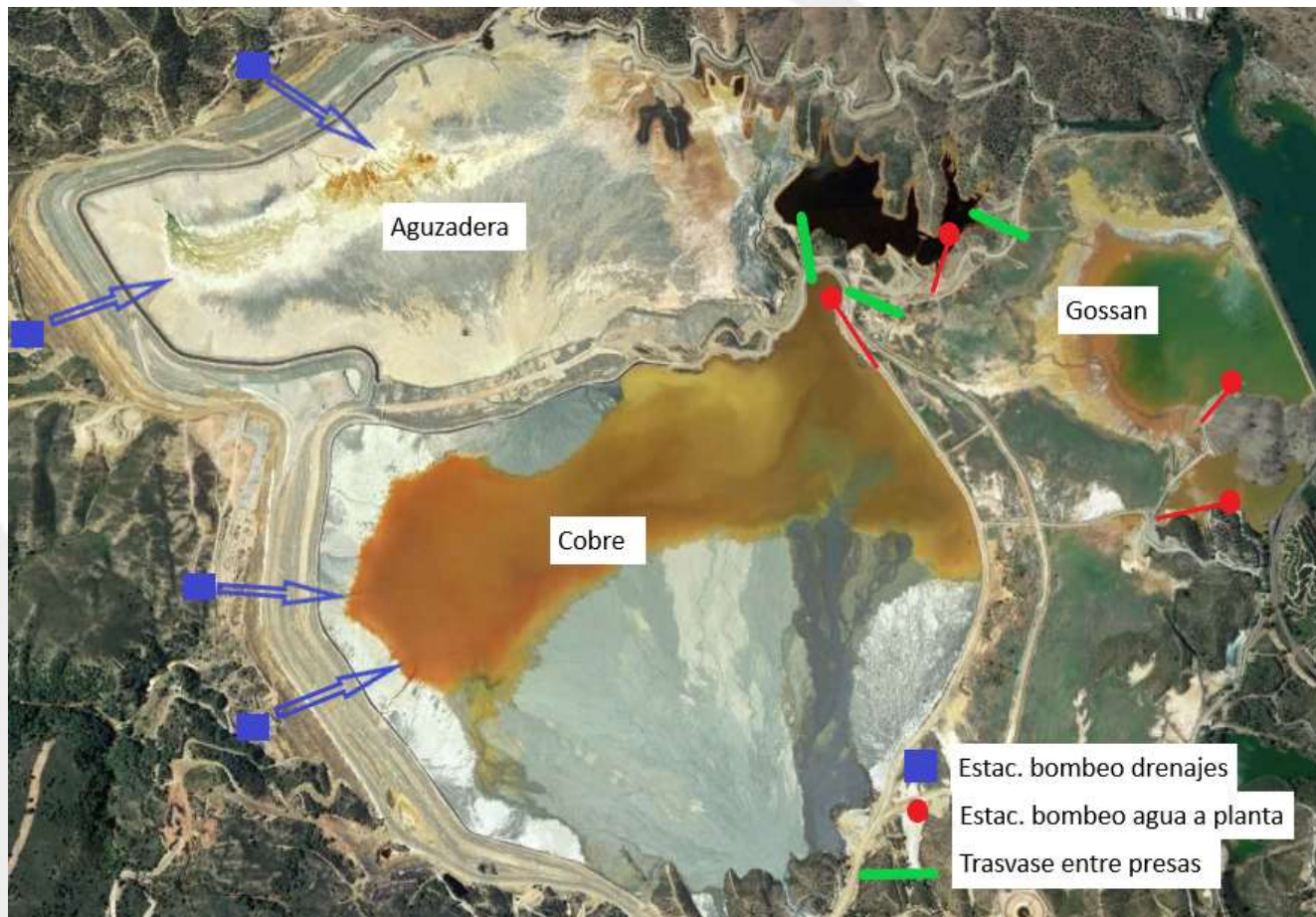
VERTIDO CERO

GESTIÓN DE LOS ESTÉRILES DE PLANTA. DEPOSICIÓN EN PRESAS

- El transporte del estéril se realiza por tubería desde la planta hasta el depósito o presa de estériles.
- Descarga en presa mediante spigot o apertura controlada.
 - Puntos de descarga cada 50 m.
 - La fracción gruesa de los sólidos se queda cerca del muro reforzándolo y la fina tiende a ir al centro (cola).
 - Formación de capas finas en forma de grandes abanicos que favorecen la evaporación y solidificación.
 - La gravedad e inclinación del perfil de equilibrio desplazan el agua a la cola de la presa.
- El agua (proceso + lluvia) se recoge y recicla para un nuevo uso en el proceso metalúrgico



OPERACIÓN. GESTIÓN DE LAS AGUAS



OPERACIÓN. CONTROL DE AUSCULTACIÓN

CARACTERÍSTICAS

Se realiza un sistema de monitoreo independiente y único para la presa de Cobre

Finalidad es la seguridad de la presa

Existe un programa de lectura de datos establecido

Informe de seguimiento trimestral realizado por asistencia técnica externa

Los resultados se auditan por una ECA (Informe trimestral) y son registrados y supervisados por la autoridad minera.

Variables de control externo

- Meteorológicas y ambientales
- Hidráulicas, medida de nivel de agua en presa

Variables de control interno

- Drenajes en pie de presa
- Presiones intersticiales PZC
- Niveles piezométricos PZA
- Desplazamientos absolutos (triangulación y nivelación topográfica)
- Deformaciones diferenciales: Inclínometría

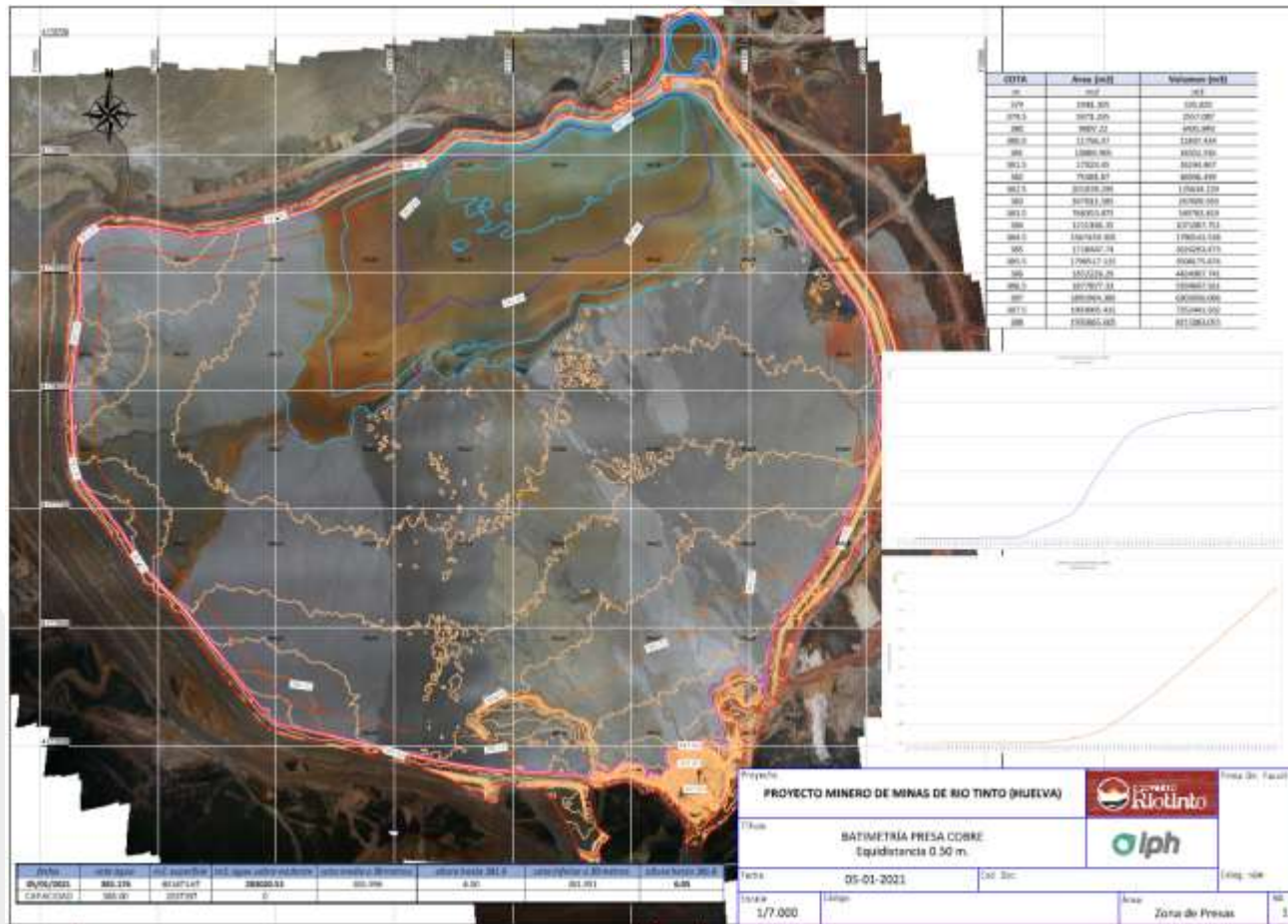
AUSCULTACIÓN. CONTROL DE NIVEL DE AGUA

- Control de niveles de agua
- Medidores de nivel
 - Control diario de nivel de agua en presa mediante medida directa de lámina
- Batimetría
 - Control constante de capacidad de la presa y volumen de agua almacenada. Batimetrías cada 2 meses.

Se realiza un seguimiento constante de los niveles de agua en la presa, comprobando que están dentro de los parámetros de seguridad exigidos. Los resultados se auditan por una ECA y son registrados y supervisados por la autoridad minera.



BATIMETRÍA PRESA COBRE



AUSCULTACIÓN. CONTROL DE DRENAJES

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DISPOSITIVO: 2 Estaciones de captación y bombeo dotadas de caudalímetro con toma continua de datos

ESTACIÓN REJONCILLO

Volumen balsa de captación: 8 m³

(1+1) electrobombas de 110 kW c/u.

Caudal medio de bombeo: 100 m³/h

Capacidad máxima de bombeo de drenajes: 170 m³/h

Tubería de impulsión: doble conducción P.E.A.D. D 250 mm

ESTACIÓN ENTRONQUE

Volumen balsa de captación: 115 m³

(1+1) electrobombas de 90 kW c/u.

Caudal medio de bombeo: 70 m³/h

Capacidad máxima de bombeo de drenajes: 150 m³/h

Tubería de impulsión: P.E.A.D. D 150 mm.

PLANTA INSTALACIONES CAPTACIÓN Y BOMBEO DRENAJES



AUSCULTACIÓN. CONTROL DE FILTRACIONES

- Gestión de los drenajes
 - Balsas y bombes que recogen las aguas que se filtran por la base de presa
 - Las estaciones de bombeo devuelven estas aguas al interior de la presa
 - Control y seguimiento de filtraciones mediante caudalímetros instalados en cada estación
 - Todo el agua filtrada se recicla para el proceso
 - Descarga “CERO”



AUSCULTACIÓN. PIEZOMETRÍA

PIEZÓMETROS

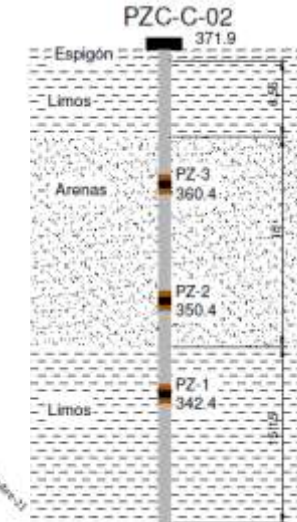
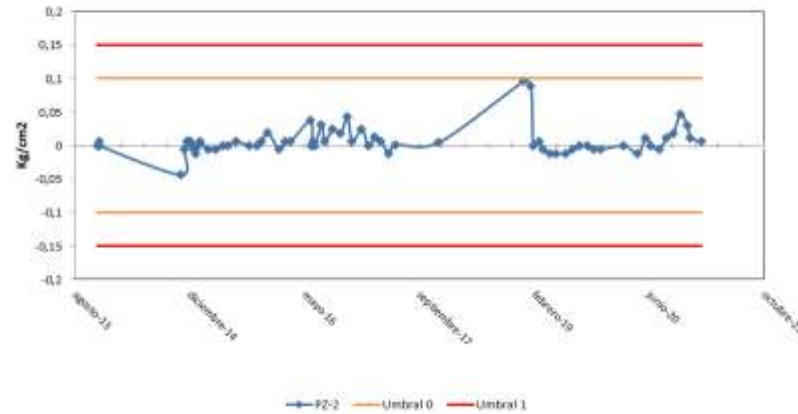
Piezómetros a/c

Se realizan medidas de valores con periodicidad mensual

Control de umbrales

Informe de seguimiento trimestral por asistencia técnica externa

Los resultados se auditan por una ECA y son registrados y supervisados por la autoridad minera.



AUSCULTACIÓN. DEFINICIÓN DE UMBRALES EN PIEZOMETRÍA

- Umbral 0: incremento promedio de 0.1 bares/mes en algún elemento, en un periodo de tres meses.

Escenario 0:

a) Incremento de vigilancia (Jefe del Equipo de Vigilancia y control): inspeccione el depósito. Como mínimo, inspeccione las crestas, taludes externos y pie de taludes. Atento a cualquier signo de cambio en las condiciones. En particular, mire cuidadosamente todos los signos de aumentos posibles de filtraciones, erosión o fracturas (Jefe del Equipo de Vigilancia y control).

c) Detección de orígenes y causas (análisis particularizado de los de incrementos de cargas en el entorno de los elementos afectados) (Jefe de Equipo de Vigilancia y control).

b) Incremento de la frecuencia de las lecturas, retrocediéndose un paso en la periodicidad de medida de la instrumentación en la zona donde se ha producido el incremento en la velocidad de deformación (esto es, si se está midiendo mensualmente se pasará a medir semanalmente) (Jefe del Equipo de Vigilancia y control).

- Umbral 1: incremento promedio de 0.15 bares/mes en algún elemento, durante un periodo de tres meses.

Escenario 1: además de los anteriores.

d) Colocación de instrumentación complementaria si es preciso. (Jefe del Equipo de Explotación).

e) Registro toda la información, observaciones y acciones (Director del Plant).

- Umbral 2: incremento promedio de 0.15 bares/mes en algún elemento, durante un periodo de tres meses, y se detectan además indicadores de alerta en alguno de los otros elementos de control, o en las inspecciones visuales.

Escenario 2: además de los anteriores.

f) Instrucción, si procede, de tacones de escollera de refuerzo.

g) Adoptar, si procede, medidas urgentes para bajar el nivel de agua en las presas.

h) Observación y control continuo de la condición del depósito desde una zona alta y aguas arriba del punto de erosión. La situación se debe documentar con fotografías y videos si es posible. (Jefe del Equipo de Vigilancia y control).

i) Organización de los equipos de emergencia y tareas a realizar (Jefe del Equipo de Seguridad).

AUSCULTACIÓN. INCLINOMETRÍA

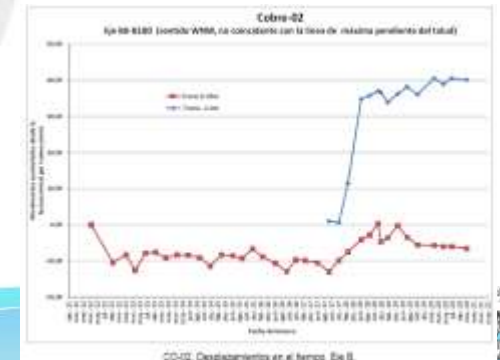
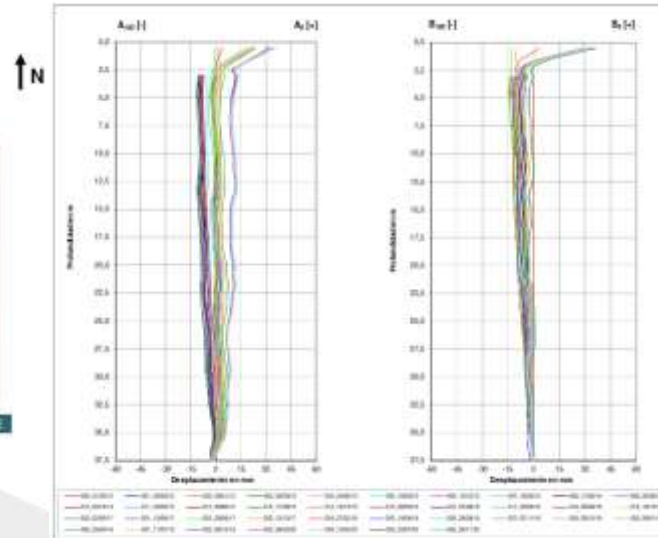
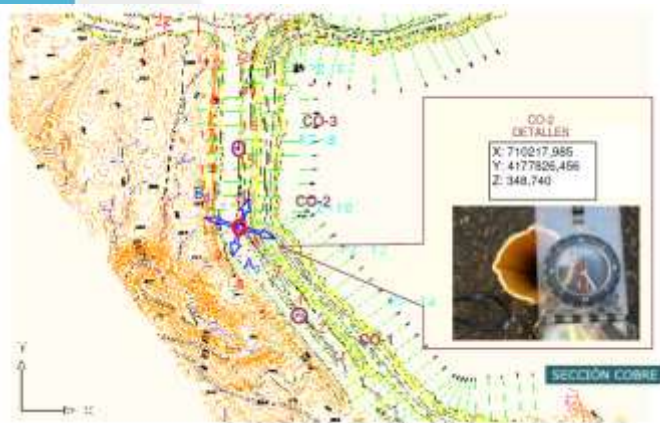
INCLINÓMETROS

Se realizan medidas de valores con periodicidad mensual

Control de umbrales

Informe de seguimiento trimestral por asistencia técnica externa

Los resultados se auditan por una ECA y son registrados y supervisados por la autoridad minera.



DEFINICIÓN DE UMBRALES. INCLINOMETRÍA

- Umbral 0: 2 mm/m/mes en algún tramo, durante dos lecturas trimestrales sucesivas, en la dirección del talud.

Escenario 0:

a) Incremento de vigilancia (Jefe del Equipo de Vigilancia y control): Inspeccione el depósito. Como mínimo, inspeccione las crestas, taludes externos y pie de taludes. Atento a cualquier signo de cambio en las condiciones. En particular, mire cuidadosamente todos los signos de aumentos posibles de filtraciones, erosión o fracturas (Jefe del Equipo de Vigilancia y control).

b) Incremento de la frecuencia de las lecturas, retrocediéndose un paso en la periodicidad de medida de la instrumentación en la zona donde se ha producido el incremento en la velocidad de deformación (Esto es, si se está midiendo trimestralmente se pasará a medir mensualmente) (Jefe del Equipo de Vigilancia y control).

c) Detección de orígenes y causas (Jefe del Equipo de Vigilancia y control).

- Umbral 1: 4 mm/m/mes en algún tramo, en una lectura trimestral, en la dirección del talud.

Escenario 1: además de las anteriores:

d) Colocación de instrumentación complementaria si es preciso. (Jefe del Equipo de Explotación).

e) Registro toda la información, observaciones y acciones (Director del Plan).

- Umbral 2: 4 mm/m/mes en algún tramo, en una lectura trimestral, en la dirección del talud y se detectan además indicadores de alerta en alguno de los otros elementos de control, o en las inspecciones visuales de las presas.

Escenario 2: además de las anteriores:

f) Instrucción, si procede, de tacones de escollera de refuerzo.

g) Adoptar medidas urgentes para bajar el nivel de agua en las presas.

h) Observación y control continuo de la condición del depósito desde una zona alta y aguas arriba del punto de erosión. La situación se debe documentar con fotografías y videos si es posible. (Jefe del Equipo de Vigilancia y control).

i) Organización de los equipos de emergencia y tareas a realizar (Jefe del Equipo de Seguridad).

